

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-271430

(43)Date of publication of application : 08.10.1999

(51)Int.Cl. G01S 13/34  
G01S 13/44  
G01S 13/50  
G01S 13/72  
G01S 13/93

(21)Application number : 10-077965

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB  
INC

(22)Date of filing : 25.03.1998

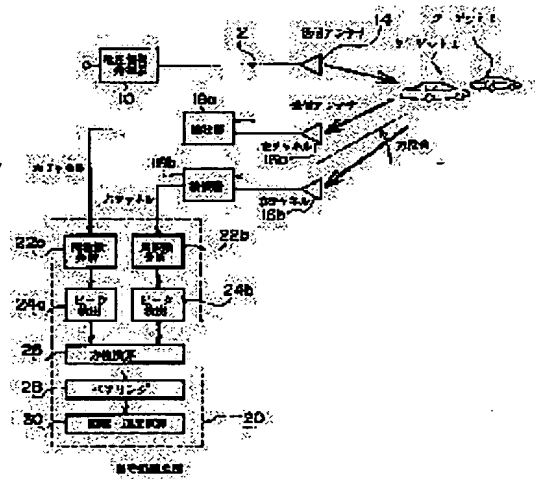
(72)Inventor : ASANO KOICHI  
OSHIMA SHIGEKI  
HARADA TOMOYASU  
YAMADA NAOYUKI

## (54) RADAR EQUIPMENT FOR AUTOMOBILE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the measuring accuracy and reliability of radar equipment for an automobile under such a condition that a plurality of targets, etc., exist.

**SOLUTION:** Reflected waves from a target are received by two reception antennas 16a and 16b for left- and right channels. A signal processor 20 performs frequency analysis on the received waves of the left and right channels. An azimuth computing section 26 decides the azimuth to the target by a phase monopulse method by using a pair of peaks at which the frequencies are coincident with each other in the left and right channels. A pairing section 28 pairs the peaks in the rise and fall phase periods of the FMCW method with each other. The pairing section 28 constitutes a peak pair by selecting the peaks to which the same azimuth is given by means of the azimuth computing section 26 out of many existing peaks. A distance and speed computing section 30 decides the distance to and speed of the target based on the FMCW method by using the peak pair decided by means of the pairing section 28.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 24.06.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 2 7 1 4 3 0

(43) 公開日 平成11年(1999)10月8日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 1 S 13/34

G 0 1 S 13/34

13/44

13/44

13/50

13/50

A

13/72

13/72

13/93

13/93

Z

審査請求 未請求 請求項の数 3

O L

(全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平10-77965

(22) 出願日

平成10年(1998)3月25日

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1

(72) 発明者 浅野 孔一

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 大島 繁樹

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

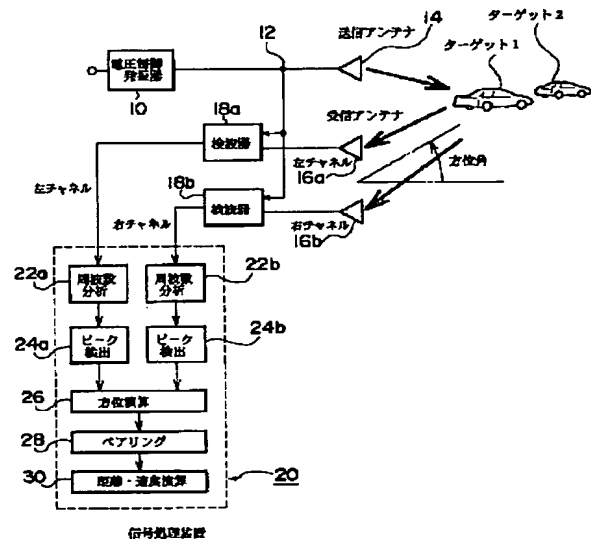
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動車レーダ装置

(57) 【要約】

【課題】 自動車レーダ装置において、複数のターゲット等が存在する環境下での計測精度、信頼性を向上させる。

【解決手段】 ターゲットからの反射波は左右2チャンネルの受信アンテナ16a、16bで受信される。信号処理装置20は、各チャンネルの受信波の周波数分析を行う。方位演算部26は、左右チャンネルで周波数が一致するピークのペアを用いて位相モノパルス方式により方位を決定する。ペアリング部28は、FMCW方式の上りフェーズ期間におけるピークと下りフェーズ期間におけるピークとのペアリングを行う。ペアリング部28は、多数存在するピークのうち、方位演算部26にて同じ方位を与えられたピークを選択して、ピークペアを構成する。距離・速度演算部30は、ペアリング部28により決定されたピークペアを用いてFMCW方式に基づいてターゲットの距離及び速度を決定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 周波数が増加する上りフェーズ期間と周波数が低下する下りフェーズ期間とを有した FM 変調された送信波を送信する送信部と、

反射波を受信する複数チャンネルの受信部と、

各チャンネルの受信波の周波数分析を行い、ターゲットに対応したエコーのピークと当該エコーの位相情報とを求める分析部と、

前記複数チャンネル間で周波数が互いに対応したピークの組を求め、当該組をなすピーク間の位相差に基づいて方位を求める方位演算部と、

前記方位演算部で求められた方位に基づいて、前記上りフェーズ期間と前記下りフェーズ期間とで対をなすピークを求め、当該対をなすピークの周波数に基づいて前記ターゲットの相対速度及び相対距離を求める距離・速度演算部と、

を有することを特徴とする自動車レーダ装置。

【請求項 2】 方位、相対速度及び相対距離からなる追尾情報を前記方位演算部と前記距離・速度演算部とから得る統合処理部を有し、

前記送信部は、互いに異なる方向へ指向性ビームを切り替えて送信し、

前記統合処理部は、前記異なる指向性ビームそれぞれに対する前記追尾情報が所定範囲内で一致した場合に、当該複数の追尾情報に対して所定の平均処理を行って一のターゲットの追尾情報を決定すること、

を特徴とする請求項 1 記載の自動車レーダ装置。

【請求項 3】 前記平均処理は、前記指向性ビームの方向と当該ビームに対して前記位相モノパルス演算部にて検出された前記方位との一致度に基づいた重み付け平均であること、

を特徴とする請求項 2 記載の自動車レーダ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、FM 変調における上りフェーズ期間と下りフェーズ期間のエコーのペアからターゲットとの相対速度及び相対距離を検出し、追尾フィルタによってターゲットの挙動を監視する追尾レーダ装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、自動車では、例えば先行車両といったターゲットの自車に対する位置や速度を検出するために各種レーダが利用されている。例えば、ターゲットまでの距離及びそれとの相対速度を検出する FMCW (周波数変調連続波) 方式のレーダ装置や、複数の受信アンテナからの信号の位相差に基づいてターゲットの方位を検出する位相モノパルス方式のレーダ装置が知られている。

【0003】 [位相モノパルスレーダ] 位相モノパルスレーダは、一つの送信アンテナから電波を放射すること

で得られるターゲットからの反射波を複数の受信アンテナで受信する。複数の受信アンテナは空間的に位置が異なるので、同一のターゲットからの反射波の位相が受信アンテナ間で異なる。この位相ずれを検出することでターゲットの方位を検出することができる。この位相モノパルスレーダは、方位検出のために基本的に送信アンテナ及び受信アンテナを機械的に動かす必要がないというメリットがある。

【0004】図 1 を参照すると、ターゲットまでの距離を  $R_0$ 、二つの受信アンテナの間隔を  $L$ 、ターゲットの方位を  $\theta$  とする。アンテナ 1 およびアンテナ 2 からターゲットまでの距離  $R_1$ 、 $R_2$  は、

## 【数 1】

$$R_1 = R_0 + (L/2) \sin \theta$$

$$R_2 = R_0 - (L/2) \sin \theta$$

である。二つの受信アンテナの受信信号 (波長:  $\lambda$ ) の位相差  $\Delta \phi$  は、

【数 2】  $\Delta \phi = (L/\lambda) \sin \theta$ 

であり、従って、ターゲットの方位  $\theta$  は、

$$\theta = \sin^{-1} \{ \Delta \phi (\lambda/L) \}$$

である。このようにして、受信信号の位相差からターゲットの方位を求めることができる。

【0005】 [FMCW レーダ] FMCW レーダは、連続波を用いてターゲットの距離および速度を検出するものである。FMCW レーダと位相モノパルスレーダを組み合わせれば、ターゲットの距離、速度および方位を求めることができる。

【0006】FMCW レーダは、連続波の送信信号に FM 変調を施している。図 2 は、FMCW レーダによる相対距離及び相対速度検出の原理を示すものである。例えば、送信波を三角波で周波数変調する。これによって、送信波の周波数は増加減少を順次繰り返す。この送信波がレーダから放射され、ターゲットで反射して受信されると、送信波と受信波の周波数は、図 2 (上) に示すような関係をもつ。ただし、ターゲットの相対速度が 0 の場合である。そして、参照波 (送信波) で受信波を検波することにより、送信周波数と受信周波数の差の周波数成分を持つビート信号 (図 2 (下)) が得られる。

【0007】伝搬遅延時間  $\tau$  は、送信波が受信されるまでの時間である。ターゲットまでの相対距離を  $R$ 、光速を  $c$  とすると  $\tau = 2R/c$  である。さらに、FM の繰り返し周波数 (図 2 における三角波の周波数) を  $f_m$ 、FM の周波数偏移幅 (参照波の周波数の変化幅) を  $\Delta f$  とすると、ビート周波数  $f_r$  は、

$$f_r = 4R \cdot f_m \cdot \Delta f / c$$

で表される。従って、ビート信号からビート周波数  $f_r$  を求めれば、相対距離  $R$  が決定される。

【0008】図 3 (上) は、ターゲットの相対速度が 0 でない場合における、送信波と受信波の周波数の関係を示している。ターゲットがレーダに対して相対速度を有

すると、ドップラ周波数  $f_d$  だけ受信波の周波数が上または下にシフトする。図 3 (下) にはビート信号が示されている。このビート信号は、送信波の周波数が増加している上りフェーズ期間においては、相対速度 0 のターゲットのビート周波数  $f_r$  にドップラ周波数  $f_d$  だけ加算されたものになる。一方、送信波の周波数が減少している下りフェーズ期間においては、ビート周波数  $f_r$  からドップラ周波数  $f_d$  だけ減算されたものがビート信号になる。従って、このビート信号の上りフェーズ期間及び下りフェーズ期間の周波数からドップラシフトが求められ、これからターゲットの相対速度が求められる。

【0009】すなわち、上りフェーズ期間及び下りフェーズ期間におけるビート信号の周波数  $f_{bu}$ 、 $f_{bd}$  は、

$$\text{【数 5】 } f_{bu} = f_r + f_d$$

$$f_{bd} = f_r - f_d$$

である。そこで、ビート信号から周波数  $f_{bu}$ 、 $f_{bd}$  を個別に求めれば、相対距離を表すビート周波数  $f_r$ 、相対速度を表すドップラ周波数  $f_d$  が求められる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】単一のターゲットだけが存在するような極めて理想的な環境では、上記位相モノパルス方式のレーダ装置は、ターゲットの方位を正確に検出することができ、また上記 FMCW 方式のレーダ装置は、ターゲットの距離及び速度を正確に検出することができる。よって、そのような単純な環境では、両方式を組み合わせる用いることにより、方位、距離及び速度を正確に決定することができる。

【0011】しかしながら、自動車レーダ装置が使用される環境では、様々な物体（例えばターゲットたる複数の先行車両、その他ターゲット以外の樹木やガードレール等）からの反射波が重なり合って受信される。FMCW 方式では上述したように、相対速度を有するターゲットに対しては、受信信号スペクトルのピークが 2 つに分かれ、それらを正しく組み合わせない限り、正しい距離、速度を検出することができない。このような組み合わせ（ペアリング）を正しく決定することは、様々な物体からの反射波により受信信号スペクトルのピークが多数存在する環境下では困難である。また位相モノパルス方式においても、複数のターゲットの距離あるいは速度が異なる場合に上記ペアリングが良好に実施できればターゲットの方位を検出できるが、距離と速度がほぼ同じような複数のターゲットが存在する場合、例えば複数車線の道路で複数の車両が併走状態で走行している場合には基本的に方位の検出が困難である。従って、これら両方式を単に組み合わせるで方位、距離及び速度を正確に決定することも困難となる。

【0012】本発明は上記課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、複数のターゲットやターゲット以外の物体などの反射波が合成されて受信されるレーダ使用

環境でも信頼性の高い方位、相対距離及び相対速度の計測が可能な自動車レーダ装置を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、第 1 の発明は、周波数が増加する上りフェーズ期間と周波数が低下する下りフェーズ期間とを有した FM 変調された送信波を送信する送信部と、反射波を受信する複数チャンネルの受信部と、各チャンネルの受信波の周波数分析を行い、ターゲットに対応したエコーのピークと当該エコーの位相情報とを求める分析部と、前記複数チャンネル間で周波数が互いに対応したピークの組を求め、当該組をなすピーク間の位相差に基づいて方位を求める方位演算部と、前記方位演算部で求められた方位に基づいて前記上りフェーズ期間と前記下りフェーズ期間とで対をなすピークを求め、当該対をなすピークの周波数に基づいて前記ターゲットの相対速度及び相対距離を求める距離・速度演算部とを有することを特徴とする。

【0014】本発明によれば、位相モノパルス方式による方位検出を行うため、複数チャンネルの受信部が設けられ異なる位置における受信波が受信される。受信位置が異なることによるドップラシフト量の違いは、受信位置間隔に比してターゲットの距離が大きいためわずかである。よって、受信信号を周波数分析して得られる受信信号スペクトルに現れる反射波のピークの位置、すなわち周波数は、複数のチャンネル間でほとんど差がない。つまり、あるターゲットに対し、複数チャンネル間では受信信号の位相は異なっても、それに対応するピークの周波数は基本的に同一とみなすことができる。方位演算部は、基本的に複数チャンネルそれぞれで同一とみなすことができる周波数を有するピークの組を求め、その組に属する各ピークは互いに同一のターゲットに起因するものであると判断する。そして、その組に属するピークに対応する各エコー間の位相差から、位相モノパルス方式に基づいて、当該ピークの組を生じたターゲットの方位を求める。さて、ターゲットが本装置に対して相対速度を有する場合は、上りフェーズ期間と下りフェーズ期間とで同一のターゲットに対するピークの位置は異なる。例えば複数のターゲットが存在するため、上りフェーズ期間と下りフェーズ期間とでそれぞれ複数のエコーのピークが生じる場合に、距離・速度演算部は、上りフェーズ期間と下りフェーズ期間とで方位演算部で求めた方位が一致するピークの対を見出し、その対をなすピークは互いに同一のターゲットに起因するものであると判断する。そして、その対をなすピークの各周波数から、FMCW 方式に基づいて、当該ピークの対を生じたターゲットの相対速度及び相対距離を求める。本発明では、まず位相モノパルス方式に基づいてターゲットの方位を定め、その方位が等しいことに基づいて上りフェーズ期間と下りフェーズ期間とのピークの対を決定するので、複数のターゲットが存在する状況下においても FMCW 方式の処理

に用いるピークの組を正しく選定でき、信頼性の高い方位、相対速度及び相対距離の検出ができる。

【0015】上記目的を達成するために、第2の発明は、方位、相対速度及び相対距離からなる追尾情報を前記方位演算部と前記距離・速度演算部とから得る統合処理部を有し、前記送信部は互いに異なる方向へ指向性ビームを切り替えて送信し、前記統合処理部は、前記異なる指向性ビームそれぞれに対する前記追尾情報が所定範囲内で一致した場合に、当該複数の追尾情報に対して所定の平均処理を行って一のターゲットの追尾情報を決定することを特徴とする。

【0016】本発明によれば、送信部は、ビーム方向を切り替えて指向性ビームを送信する。これにより、広い対象領域の空間を分割して探査することができる。各方向の指向性ビームに対して、位相モノパルス演算部及び距離・速度演算部はそれぞれ上記第1の発明と同様の処理を行う。これにより各ビームの範囲内に位置するターゲットの方位、相対速度及び相対距離が求められる。ここでは、これら方位、相対速度及び相対距離を追尾情報として一括して称することとする。指向性ビームは一般にオーバーラップする部分を有するので、同一のターゲットが複数の指向性ビームで検出されることがある。統合処理部は、各指向性ビームで求めた追尾情報を比較し、それらのうち指向性ビーム間で基本的に一致するとみなすことができるものを探す。そして、一致するとみなすことができる追尾情報に対しては、所定の平均処理を行う。平均処理としては、例えば単純平均や、所定の方法に基づいて各追尾情報を重み付けした平均がある。また、重み付け平均の特殊な場合として、複数の追尾情報のうち最も確度の高いものを選択するという方法もある。これにより、複数のビームで検出されたターゲットの追尾情報の精度を向上させることができる。

【0017】本発明の好適な態様は、前記平均処理が、前記指向性ビームの方向と当該ビームに対して前記方位演算部にて検出された前記方位との一致度に基づいた重み付け平均であるものである。一般に、ターゲットの方位が指向性ビームの方向と近いほど、エコーの強度は高く、それに基づく追尾情報の誤差は低くなる。よって、本態様によれば、エコー強度に応じた重み付けが行われ、誤差の小さい値に大きな重み付けがなされるので、追尾情報の精度が良好に向上する。

#### 【0018】

【発明の実施の形態】〔実施の形態1〕以下、本発明の好適な実施の形態（以下、実施形態という）について、図面を参照し説明する。

【0019】図4は、本発明の実施形態の自動車レーダ装置の構成を示している。この自動車レーダ装置は車両に搭載され、それが提供する情報は、先行車等との安全な車間距離を確保する走行制御等に用いられる。本装置は、FMCW変調された送信波を送信し、ターゲットか

らの反射波を左右のチャンネルで受信する。そして、位相モノパルス方式の原理に従い、左右のチャンネルの受信波からターゲットの方位を求める。また、FMCW方式の原理に従い、上りフェーズと下りフェーズの受信波からターゲットの距離と速度を求める。

【0020】電圧制御発振器（VCO）10は周波数変調器として機能する。このVCO10には、図示しない制御部より、電圧が時間に応じて増減する三角波が供給される。VCO10は、この三角波で周波数変調された高周波を発生する。この高周波は、分配器12で分配され、その一つが送信アンテナ14に送られる。このようにして、三角波で周波数変調された高周波が、電波として外部に向けて放射される。

【0021】送信アンテナ14から放射された電波はターゲットで反射する。図中には2つの先行車両が、ターゲット1、2として示されている。反射信号は、左右2つの受信アンテナ16a、16bで受信される。この2つの受信アンテナ16a、16bは、空間的に所定距離だけ離れて配置されている。そして、この受信アンテナ16a、16bには、検波器18a、18bがそれぞれ接続されている。検波器18a、18bには、分配器12から、三角波で周波数変調された高周波（送信信号）が参照波として供給されている。検波器18a、18bは、受信波を参照波に基づいて検波し、これにより送信周波数と受信周波数の差の周波数成分をもつビート信号が得られ、信号処理装置20に供給される。

【0022】信号処理装置20において、周波数分析部22a、22bおよびピーク検出部24a、24bは、本発明の分析部として機能する。周波数分析部22a、22bは、それぞれ、左チャンネルおよび右チャンネルの受信信号から得られたビート信号に対して周波数分析を行い、信号の周波数スペクトルを得る。ここでは、複素FFT（高速フーリエ変換）が行われ、適当な周波数間隔（周波数bin）ごとの複素振幅（電圧）が求められる。以降の信号処理装置20における処理においては、binの番号が周波数に対応するインデックスとして用いられる。ピーク検出部24a、24bは、周波数分析結果に基づき、位相モノパルスの左、右チャンネルのそれぞれでピーク（ピークが現れる周波数binの番号およびその周波数binの複素振幅値）を検出する。

【0023】図5（a）（b）は、それぞれ左チャンネルおよび右チャンネルの周波数分析結果の例である。左チャンネルにおいて、大きい振幅をもつピークUL1、DL1は、それぞれターゲット1の上りフェーズおよび下りフェーズのピークである。下りフェーズのピークの周波数が上りフェーズより大きいのは、ターゲット1が自車よりも相対的に遅い（近づいている）ことを示している。また、小さい振幅をもつピークUL2、DL2は、それぞれターゲット2の上りフェーズおよび下りフェーズのピークである。下りフェーズのピークの周波数が上りフ

エーズより小さいのは、ターゲット2が自車よりも相対的に速い（遠ざかっている）ことを示している。同様に、右チャンネルでは、ピークUR1、DR1は、それぞれターゲット1の上りフェーズおよび下りフェーズのピークである。また、ピークUR2、DR2は、それぞれターゲット2の上りフェーズおよび下りフェーズのピークである。

【0024】ただし、本実施形態では本装置が使用される道路等の使用環境では、複数のターゲット（先行車）が存在し、さらに、ターゲット以外の樹木やガードレールなどの物体が存在する。レーダには様々な物体の反射波が合成されて受信される。従って、実際には、図5に示すピークの他にもさらに多数のピークが存在している。このような多数のピークから、以下のようにして同一ターゲットの左右チャンネルのピークが選ばれる。

【0025】図4に戻り、受信アンテナ16a、16bの位置の違いは、ターゲットまでの距離に比べて小さいので、各受信アンテナからターゲットを臨む方位はほとんど同じであり、ターゲットの各受信アンテナに対する相対速度もほとんど同じである。よってチャンネルが異なっても、同一ターゲットに対応するピークの周波数は、同一か極めて近い。そこで、方位演算部26では、近い周波数binをもつピークが左、右チャンネルから選ばれ、選ばれた2つのピークはピークペアとされる。ここでは、左、右チャンネル間での周波数binの差が所定しきい周波数差以下のピークペアが選択される。ここで、ピークAとBとがペアをなすことを〈A、B〉と表すこととすると、図5に示す例に対しては、上りフェーズ期間においてはピークペア〈UL1、UR1〉、〈UL2、UR2〉が検出され、下りフェーズ期間に対しては〈DL1、DR1〉、〈DL2、DR2〉が検出される。

【0026】方位演算部26は、周波数分析部22a、22bでの複素FFT処理において得られる位相情報を元に、各ピークペアを構成する各ピーク間の位相差 $\Delta\phi$ を求め、当該ピークペアに対応するターゲットの方位 $\theta$ を求める。すなわち図1を用いて説明したように、2つの受信アンテナ16a、16bでの受信波の位相差を $\Delta\phi$ 、2つの受信アンテナの距離をL、電波の波長を $\lambda$ とすれば、方位角 $\theta$ は次式で求められる。

【0027】

$$\text{【数6】 } \theta = \sin^{-1} \{ \Delta\phi (\lambda/L) \}$$

ペアリング部28は、上りフェーズ期間と下りフェーズ期間とのピークのペアリングを行う。すなわち、ペアリング部28は、上りフェーズ期間において得られるピークと、下りフェーズ期間において得られるピークとを対応付け、距離・速度演算に用いるピークの対を決定する。

【0028】ここでは、ペアリング部28は、上りフェーズ期間について得られる左、右チャンネルのピークペア

と、下りフェーズ期間について得られる左、右チャンネルのピークペアとで互いに方位角 $\theta$ が同一とみなすことができるものの対を求める。例えば、上り、下りフェーズ期間での方位の差が所定閾値以下となるピーク（ペア）が選択される。この処理により、図5に示す例に対しては、ターゲット1により生じるピークペア〈UL1、UR1〉と〈DL1、DR1〉（又はUL1とDL1、若しくはピークUR1とDR1）、及びターゲット2により生じるピークペア〈UL2、UR2〉と〈DL2、DR2〉（又はUL2とDL2、若しくはピークUR2とDR2）が選択される。

【0029】なお、この処理において、ピークの振幅を考慮に入れることも可能である。すなわち、同一のターゲットからのエコーの強度は、上りフェーズ期間と下りフェーズ期間とで大きく異ならないということに基づいて、方位角 $\theta$ の差が所定閾値以下であるという条件とともに、振幅の差も所定閾値以下であるという条件を課して、ここでのピークの対を求めることとしてもよい。そのような構成によれば、多数のターゲットが存在して、狭い方位角範囲内に複数のターゲットからのピークが含まれる場合であっても、それらの振幅の違いによってターゲットの弁別を行い、正しく上り、下り各フェーズ期間のピークを組み合わせることができる。

【0030】距離・速度演算部30は、ペアリング部28にて決定されたピークの対に基づいて、ターゲットの相対距離、相対速度を求める。すなわち、図2、図3を用いて説明したように、ビート信号は、ターゲットの距離に応じた受信波の遅延に基づく成分と、ターゲットの速度に応じたドップラシフトに基づく成分からなっている。上りフェーズ期間及び下りフェーズ期間におけるビート信号の周波数fbu、fbdは、相対距離を表すビート周波数をfr、相対速度を表すドップラ周波数をfdとすると、

$$\text{【数7】 } f_{bu} = f_r + f_d$$

$$f_{bd} = f_r - f_d$$

である。従って、周波数fbu、fbdから、ビート周波数frおよびドップラ周波数fdが求められ、相対距離および相対速度が求められる。本実施形態では、ペアリング部28で決定されたペアの上り、下りフェーズの対応するピークのbin番号に基づいて、距離および速度を求める。このbin番号はそのピークのもつ周波数に対応している。また、左右チャンネルのそれぞれの受信波に基づいて独立して距離および速度を求めることができ、両検出値を用いてより精度の高い検出結果が得られる。

【0031】以上、本実施形態のレーダ装置について説明した。上記のように、本実施形態では、複数存在するターゲットの方位を先に求め、その方位を参照して上りフェーズ期間と下りフェーズ期間とのピークのペアリングを行う。よって、上り、下りフェーズ期間にそれぞれ

複数存在するピークを正しくペアリングすることができ、信頼性の高い方位、相対速度及び相対距離の検出が可能になる。

【0032】なお、本実施形態の周波数差の閾値及び方位が一致とみなされる判定の閾値は、それぞれ予め適当な値に決められている。周波数差の閾値は、同一ターゲットの反射波から得られるピークの周波数のばらつきの大きさに基づいて設定することが好適である。同様に、方位判定の閾値は、上りフェーズ期間と下りフェーズ期間との間にターゲットと装置との相対運動により変わらう方位角の大きさを想定して定めることができる。また例えば、両閾値を、ばらつきの標準的な大きさに設定したり、ばらつきの最大値に設定することができる。各閾値は、実験結果や経験に基づいて設定してもよい。

【0033】〔実施の形態2〕次に、本発明の第2の実施形態を説明する。図6は、本発明の実施形態の自動車レーダ装置の構成を示している。本実施形態の構成要素のうち、図4に示した実施形態1の構成要素と同様のものについては同一の符号を付し、その説明は適宜省略する。実施形態2は、まず送信部が実施形態1と異なる。すなわち、本装置は、複数の送信アンテナ44-1、44-2、…、44-nを有し、VCO10からこれら送信アンテナ44への送信波の供給を時分割で切り替える切替器46を有している。また、信号処理装置50は、これら複数の送信アンテナ44から送信された複数の指向性ビームそれぞれに対する演算結果を最後にまとめる統合処理部48を距離・速度演算部30の次に有している。

【0034】VCO10からの送信波は切替器46を介して、送信アンテナ44のそれぞれに時分割で順次供給される。各送信アンテナ44はそれらの送信ビームの向きが異なるように構成され、これにより検出領域を分割して、それぞれの領域ごとに電波を送受することができる。なお、同様の検出領域の分割は、例えば、異なる指向性を有した受信アンテナ16を複数配置してそれらを切り替える構成や、送受両方で切り替える構成によっても実現することができる。

【0035】時分割で切り替えられた各検出領域に対する受信信号の処理は上記実施形態と同様であり、得られたビート信号は信号処理装置50に渡される。信号処理装置50における周波数分析処理から距離・速度演算部30までの処理までは実施形態1と同様である。よって、各検出領域ごとにその領域内のターゲットの追尾情報（方位、距離及び速度）が検出される。

【0036】統合処理部48へは、このように切り替えによってそれぞれの検出領域にて得られたターゲットの追尾情報が入力される。各指向性ビームの検出領域は、隣接するもの同士がオーバーラップするように構成される。そのため、同一のターゲットが複数の検出領域で検出されることがある。統合処理部48は、ターゲットの追尾情報を隣接する検出領域間で比較して、所定の精度

で互いに一致する追尾情報を探索する。一致するものが見つかった場合、それら追尾情報が同一のターゲットに対応するものであると判断する。

【0037】この一致の判断は、例えば、追尾情報を構成する方位、距離及び速度の各値の隣接検出領域間での差がそれぞれ所定の許容範囲以下であることに基づいて行うことができる。また、方位、距離及び速度の各差の二乗和が所定閾値以下となるといった判断基準を用いることもできる。

【0038】同一のターゲットに対応すると判断された複数の追尾情報は、所定の平均処理により、一つの追尾情報に統合される。この所定の平均処理としては、例えば、簡単には、それぞれのビームで検出された追尾情報を等しい重みで平均する単純平均がある。また、他の方法としては、それぞれのビームで検出された追尾情報それぞれの確からしさなどに基づいた重み付けを行った平均（重み付け平均）がある。ここでは、指向性ビームの軸の方向と方位演算部にて検出された方位との一致の程度を重み係数とした重み付け平均を行う。これは、一般に方位がビームの軸に近いほど、エコー強度が大きくなり、誤差が小さくなるからである。なお、同様の理由から重み係数として、例えば検出された方位におけるビームの強度を用いることも可能である。また、統合処理部48は、それぞれのビームで検出された追尾情報のうち最も確度又は精度が高いものを選択してもよい。これは、重み付け平均の特殊な場合であり、最も確度若しくは精度の高い追尾情報の重み係数を1とし、他の追尾情報の重み係数を0とした場合に相当する。

【0039】本装置によれば、距離と速度が似通った複数のターゲットが存在する場合であっても電波を送受する領域を分割することにより、それら複数のターゲットを異なるビームで分離して検出することができる。また複数のビームで同一のターゲットが検出された場合には、得られた複数の追尾情報を何らかの形で平均して統合することにより、精度のよい追尾情報を得ることができる。

【0040】〔実施の形態3〕次に、本発明の第3の実施形態を説明する。図7は、本発明の実施形態の自動車レーダ装置の構成を示している。本実施形態の構成要素のうち、図4、図6に示した実施形態1及び実施形態2の構成要素と同様のものについては同一の符号を付し、その説明は適宜省略する。実施形態3が構成上、実施形態1と異なる点は、信号処理装置70が追尾フィルタ処理部72を有する点である。追尾フィルタ処理部72は、距離・速度演算部30と統合処理部48との間に設けられる。

【0041】本装置も実施形態2同様、複数の送信アンテナ44を有し、時分割で各検出領域の測定を行い、各領域に存在するターゲットの追尾情報を求める。つまり、本装置と実施形態2の装置とは距離・速度演算部30



0までの動作、処理は同じである。

【0042】本装置では、追尾フィルタ処理部72が、距離・速度演算部30で得られた各領域の追尾情報に対して、追尾フィルタ処理を行う。追尾フィルタ処理部72が行う追尾フィルタ処理は、距離・速度演算部30までに得られた方位、距離及び速度に対して行う、カルマンフィルタ処理や $\alpha-\beta$ フィルタ処理といった予測フィルタ処理である。この予測フィルタ処理により、過去の追尾情報に基づいて、ターゲットの真の方位、距離及び速度が推定される。これにより、複数のターゲットやターゲット以外の例えば樹木やガードレールなどの物体が存在することによって生じる誤検出状態や、不検出状態による好ましくない影響を回避することが可能となる。

【0043】統合処理部48は、例えば、複数の分割領域で得られたターゲットの追尾情報の推定値が所定の差以下で一致する場合に、それら追尾情報の推定値が同一ターゲットに対応すると判断する。また、統合処理部48は例えば、追尾情報の推定値の過去から現在までの軌跡を、ビームの各分割領域ごとに求め、それら領域間で軌跡の隔たりが所定値以下である場合にそれら軌跡に対応するターゲットは同一であると判断することも可能である。

【0044】統合処理部48はこのように推定値、又は推定値の軌跡に基づいて、ターゲットの同一を判断し、同一ターゲットについて複数領域に関して得られた追尾情報の各推定値を、実施形態2と同様の方法により平均して一つの追尾情報に統合する。

【0045】このように本装置では、FMCW方式及び位相モノパルス方式により得られる追尾情報に対して、予測フィルタ処理を行うこと、さらにビーム切替により複数領域で得られた各追尾情報を統合する処理を行うことにより、ある時刻または期間において距離と速度がほぼ同じとなる複数のターゲットを、追尾情報の時系列に

基づいて弁別することができる。また、複数ターゲットやターゲット以外の例えば樹木やガードレールなどの物体が存在するような実際の使用環境下において、確度の高い距離、速度及び方位の検出を行うことができる。

【0046】なお、本装置では、追尾フィルタ処理部72は統合処理部48の前に設けたが、追尾フィルタ処理部72を統合処理部48の後ろに設ける構成も可能である。

【0047】ちなみに、追尾フィルタ処理部72は、ビームによる検出領域の分割とは無関係に採用することができ、例えば実施形態1の装置においても用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 位相モノパルスレーダの原理を示す図である。

【図2】 FMCWレーダの原理を示す図である。

【図3】 FMCWレーダの原理を示す図である。

【図4】 本発明の第1の実施形態の構成を示す図である。

【図5】 図4の装置の左チャネルおよび右チャネルの受信信号の周波数分析結果を示す図である。

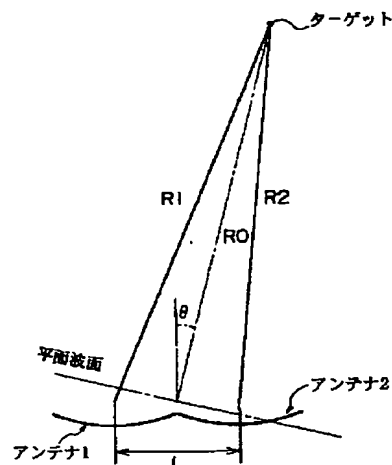
【図6】 本発明の第2の実施形態の構成を示す図である。

【図7】 本発明の第3の実施形態の構成を示す図である。

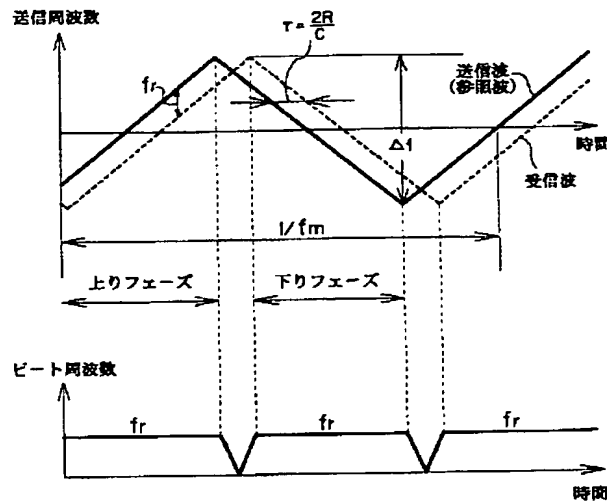
【符号の説明】

10 電圧制御発振器(VCO)、14、44-1、44-2、44-n 送信アンテナ、16a、16b 受信アンテナ、18a、18b 検波器、20、50、70 信号処理装置、22a、22b 周波数分析部、24a、24b ピーク検出部、26 方位演算部、28 ペアリング部、30 距離・速度演算部、48 統合処理部、72 追尾フィルタ処理部。

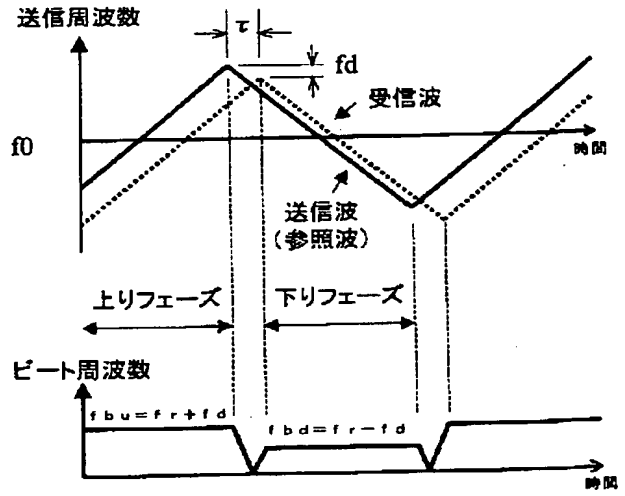
【図1】



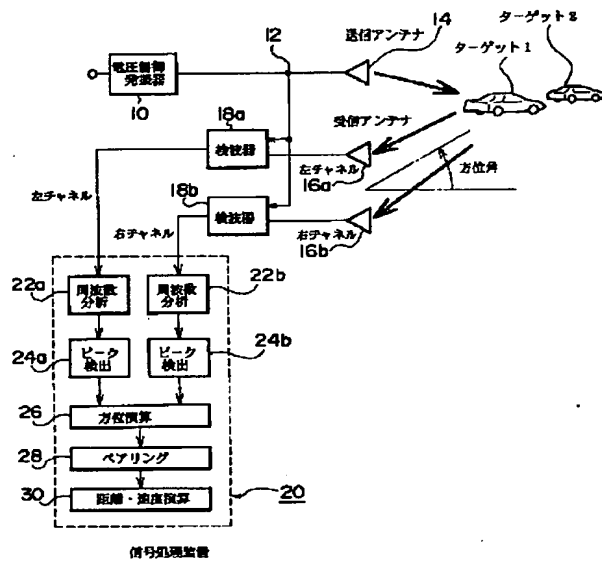
【図2】



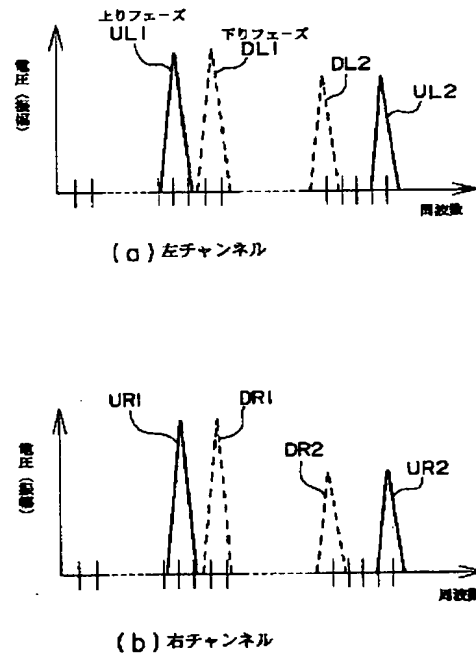
【図3】



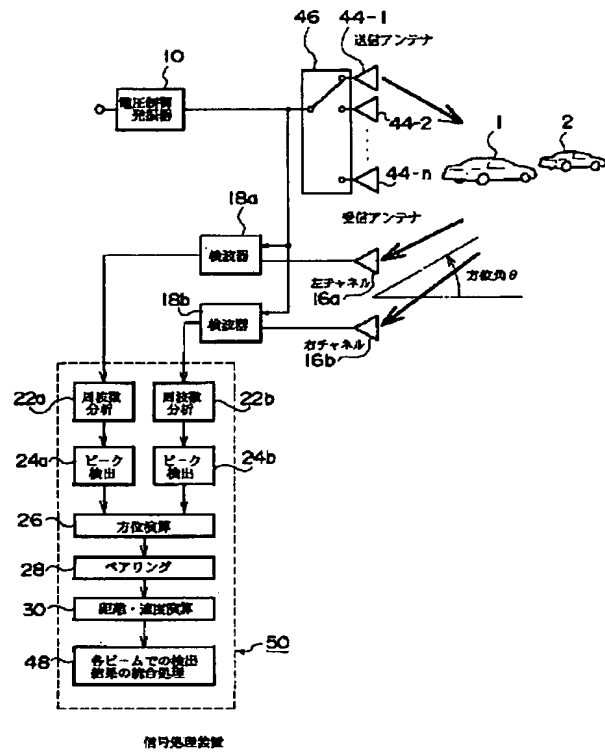
【図4】



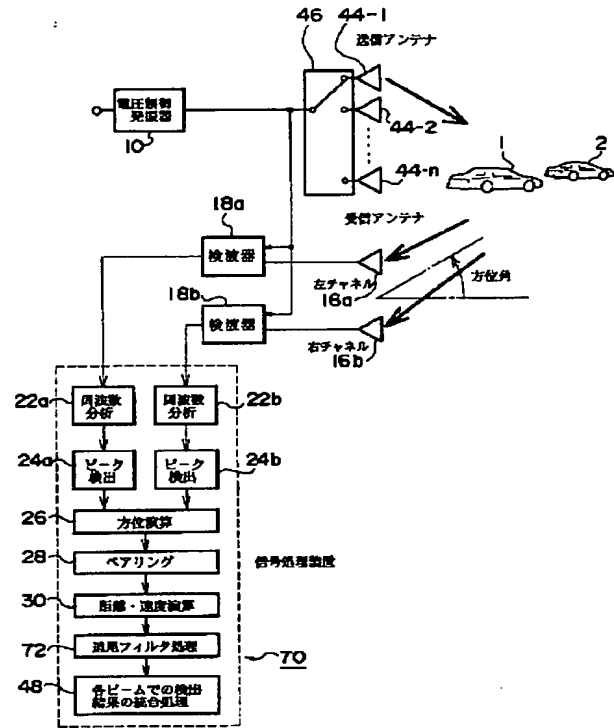
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72) 発明者 原田 知育  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 山田 直之  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

Bibliography

---

(19) [Publication country] Japan Patent Office (JP)  
(12) [Kind of official gazette] Open patent official report (A)  
(11) [Publication No.] JP, 11-271430, A  
(43) [Date of Publication] October 8, Heisei 11 (1999)  
(54) [Title of the Invention] Automobile radar installation  
(51) [International Patent Classification (6th Edition)]  
G01S 13/34  
13/44  
13/50  
13/72  
13/93  
[FI]  
G01S 13/34  
13/44  
13/50           A  
13/72  
13/93           Z  
[Request for Examination] Un-asking.  
[The number of claims] 3  
[Mode of Application] OL  
[Number of Pages] 9  
(21) [Application number] Japanese Patent Application No. 10-77965  
(22) [Filing date] March 25, Heisei 10 (1998)  
(71) [Applicant]  
[Identification Number] 000003609  
[Name] Toyota Central Lab  
[Address] 41-1, Yokomichi, Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken  
(72) [Inventor(s)]  
[Name] Asano Hole 1  
[Address] 41-1, Yokomichi, Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken

Inside of Toyota Central Lab

(72) [Inventor(s)]

[Name] Oshima Shigeki

[Address] 41-1, Yokomichi, Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken

Inside of Toyota Central Lab

(72) [Inventor(s)]

[Name] Harada Intellectual training

[Address] 41-1, Yokomichi, Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken

Inside of Toyota Central Lab

(72) [Inventor(s)]

[Name] Yamada Naoyuki

[Address] 41-1, Yokomichi, Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken

Inside of Toyota Central Lab

(74) [Attorney]

[Patent Attorney]

[Name] Yoshida Kenji (outside binary name)

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any  
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

Epitome

---

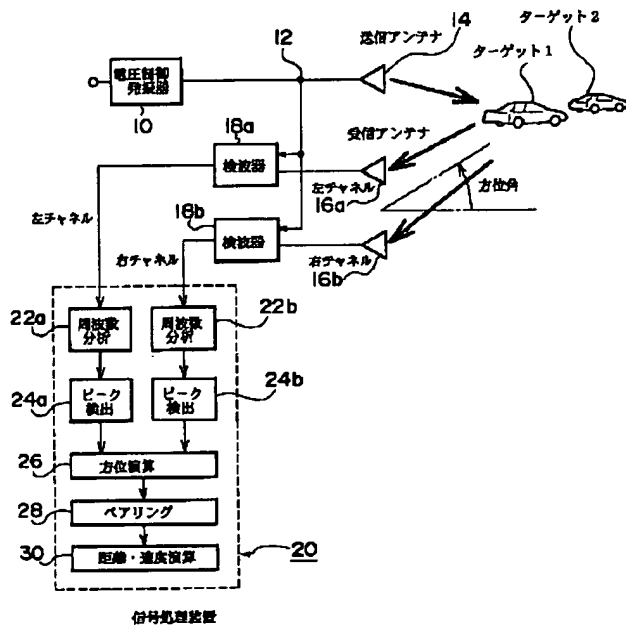
(57) [Abstract]

[Technical problem] In an automobile radar installation, the measurement precision under the environment where two or more targets etc. exist, and dependability are raised.

[Means for Solution] The reflected wave from a target is received by the receiving antennas 16a and 16b of two right and left. A signal processor 20 performs frequency analysis of the received wave of each channel. The bearing operation part 26 determines bearing with a phase monopulse system using the pair of the peak whose frequency corresponds by the right-and-left channel. The pairing section 28 gets down with the peak

in the uphill phase period of a FMCW method, and performs pairing with the peak in a phase period. The pairing section 28 chooses the peak which was able to give the bearing same among the peaks existing [ many ] at the bearing operation part 26, and constitutes a peak pair. Distance and the rate operation part 30 determine the distance and the rate of a target based on a FMCW method using the peak pair determined by the pairing section 28.

[Translation done.]



[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The automobile radar installation characterized by providing the following The transmitting section which gets down and transmits the transmission wave with a phase period whose uphill phase period which a frequency increases and frequency fall, and by which FM modulation was carried out The receive section of a multiple channel which receives a reflected wave Analyzer which performs frequency analysis of the received wave of each channel, and searches for the peak of the echo corresponding to a target, and the topology of the echo concerned Distance and rate operation part which searches for said uphill phase period and said peak which gets down and makes a pair in a phase period, and finds the relative velocity and the relative distance of said target based on the frequency of the peak which makes the pair concerned based on bearing called for by the bearing operation part which asks for the group of the peak to which the frequency corresponded mutually between said multiple channels, and asks for bearing based on the phase contrast between the peaks which make the group concerned, and said bearing operation part

[Claim 2] It has the integrated processing section which acquires the tailing information which consists of bearing, relative velocity, and a relative distance from said bearing operation part, and said distance and rate operation part. Said transmitting section A directional beam is changed in the mutually different direction, and it transmits to it. Said integrated processing section The automobile radar installation according to claim 1 characterized by performing predetermined average processing to two or more tailing information concerned, and determining the tailing information on the target of 1 when said tailing information over said each of different directional beam is in agreement by predetermined within the limits.

[Claim 3] Said average processing is an automobile radar installation according to claim 2 characterized by being the weighting average based on whenever [ with the direction of said directional beam, and said bearing detected in said phase mono-pulse operation part to the beam concerned / coincidence ].

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] It gets down with the uphill phase period in FM modulation, and this invention detects relative velocity and a relative distance with a target from the pair of the echo of a phase period, and relates to the tracking radar equipment which supervises the behavior of a target with a tailing filter.

[0002]

[Description of the Prior Art] Before, by automobile, in order to detect the location and rate to a self-vehicle of a target which are called a precedence car, for example, various radars are used. For example, the radar installation of the FMCW (frequency modulation continuous wave) method which detects the distance to a target and relative velocity with that, and the radar installation of the phase monopulse system which detects bearing of a target based on the phase contrast of the signal from two or more receiving antennas are known.

[0003] A [phase mono-pulse radar] phase mono-pulse radar receives the reflected wave from the target obtained from one transmitting antenna by emitting an electric wave with two or more receiving antennas. Since two or more receiving antennas differ in a location spatially, the phases of the reflected wave from the same target differ between receiving antennas. Bearing of a target is detectable by detecting this phase shift. This phase mono-pulse radar has the merit that it is not necessary to move a transmitting antenna and a receiving antenna mechanically fundamentally because of bearing detection.

[0004] Reference of drawing 1 sets [ the distance to a target ] bearing of  $L$  and a target to  $\theta$  for spacing of  $R_0$  and two receiving antennas. The distance  $R_1$  and  $R_2$  from an antenna 1 and an antenna 2 to a target is [Equation 1].

It is  $R_1 = R_0 + (L/2) \sin \theta$   $R_2 = R_0 - (L/2) \sin \theta$ . Phase contrast  $\Delta \phi$  of the input signal (wavelength:  $\lambda$ ) of two receiving antennas is



[Equation 2]. It is  $\Delta\phi = (L/\lambda) \sin\theta$ , therefore the bearing  $\theta$  of a target is [Equation 3].  $\theta = \sin^{-1} \{ \Delta\phi (\lambda/L) \}$   
It comes out. Thus, it can ask for bearing of a target from the phase contrast of an input signal.

[0005] A [FMCW radar] FMCW radar detects the distance and the rate of a target using a continuous wave. If a FMCW radar and a phase mono-pulse radar are combined, it can ask for the distance, the rate, and bearing of a target.

[0006] The FMCW radar has performed FM modulation to the sending signal of a continuous wave. Drawing 2 shows the principle of the relative distance by the FMCW radar, and a relative speed detector. For example, the frequency modulation of the transmission wave is carried out by the triangular wave. By this, the frequency of a transmission wave repeats increment reduction successively. This transmission wave is emitted from a radar, and when reflected and received by the target, the frequency of a transmission wave and a received wave has relation as shown in drawing 2 (above). However, it is the case where the relative velocity of a target is 0. And a beat signal ( drawing 2 (below)) with the frequency component of the difference of transmit frequencies and received frequency is acquired by detecting a received wave by the reference wave (transmission wave).

[0007] Propagation delay time  $\tau$  is time amount until a transmission wave is received. It is  $\tau = 2R/c$ , when the relative distance to a target is set to  $R$  and the velocity of light is set to  $c$ . Furthermore, when frequency deviation width of face (change width of face of the frequency of a reference wave) of  $f_m$  and FM is set to  $\Delta f$  for the repeat frequency (frequency of the triangular wave in drawing 2 ) of FM, beat frequency  $f_r$  is [Equation 4]. It is expressed with  $f_r = 4R - f_m - \Delta f / c$ . Therefore, if it asks for beat frequency  $f_r$  from a beat signal, a relative distance  $R$  will be determined.

[0008] Drawing 3 (above) shows the relation of the frequency of a transmission wave in case the relative velocity of a target is not 0, and a received wave. If a target has relative velocity to a radar, the frequency of a received wave will shift only the Doppler frequency  $f_d$  to a top or the bottom. The beat signal is shown in drawing 3 (below). In the uphill phase period when the frequency of a transmission wave is increasing this beat signal, only the Doppler frequency  $f_d$  was added to the beat frequency  $f_r$  of the target of relative velocity 0. On the other hand, the thing to which the frequency of a transmission wave is decreasing, getting down and by which only the Doppler frequency  $f_d$  was subtracted from beat frequency  $f_r$  in the phase period becomes a beat

signal. Therefore, a doppler shift is called for from the frequency of the uphill phase period of this beat signal, and a going-down phase period, and the relative velocity of a target is called for after this. [0009] That is, the frequencies  $f_{bu}$  and  $f_{bd}$  of an uphill phase period and a beat signal [ in / it gets down and / a phase period ] are [Equation 5]. It is  $f_{bu} = f_r + f_d$  and  $f_{bd} = f_r - f_d$ . Then, if it asks for frequencies  $f_{bu}$  and  $f_{bd}$  according to an individual from a beat signal, beat frequency  $f_r$  showing a relative distance and the Doppler frequency  $f_d$  showing relative velocity will be called for.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the very ideal environment where only a single target exists, the radar installation of the above-mentioned phase monopulse system can detect bearing of a target correctly, and, as for the radar installation of the above-mentioned FMCW method, the distance and the rate of a target can be detected correctly. Therefore, in such a simple environment, bearing, distance, and a rate can be correctly determined by using both combining a formula.

[0011] However, in the environment where an automobile radar installation is used, the reflected waves from various bodies (for example, trees, guard rails, etc. other than the precedence car of target slack plurality and other targets) overlap, and are received. By the FMCW method, as mentioned above, unless the peak of an input-signal spectrum is divided into two and combines them correctly to the target which has relative velocity, right distance and a rate are undetectable. Under the environment where many peaks of an input-signal spectrum exist by the reflected wave from various bodies, it is difficult to determine such a combination (pairing) correctly. Moreover, also in a phase monopulse system, if the above-mentioned pairing can carry out good when two or more distance or rates of a target are different, bearing of a target is detectable, but when two or more targets with almost same distance and rate exist (for example, when two or more cars by the road of two or more lanes are running in the state of running together), detection of bearing is fundamentally difficult. Therefore, it also becomes difficult to determine bearing, distance, and a rate correctly, only combining both [ these ] methods.

[0012] This invention is made in view of the above-mentioned technical problem, and the purpose is in the radar operating environment by which reflected waves, such as bodies other than two or more targets and targets, are compounded and received offering reliable bearing, a relative distance, and the automobile radar installation that can measure relative velocity.

[0013]

[Means for Solving the Problem] The transmitting section to which it gets down and the 1st invention transmits the transmission wave with a phase period with which the uphill phase period which a frequency increases, and a frequency fall, and by which FM modulation was carried out in order to attain the above-mentioned purpose, The analyzer which performs frequency analysis of the receive section of a multiple channel which receives a reflected wave, and the received wave of each channel, and searches for the peak of the echo corresponding to a target, and the topology of the echo concerned, The bearing operation part which asks for the group of the peak to which the frequency corresponded mutually between said multiple channels, and asks for bearing based on the phase contrast between the peaks which make the group concerned, It is characterized by having the distance and rate operation part which searches for said uphill phase period and said peak which gets down and makes a pair in a phase period based on bearing called for by said bearing operation part, and finds the relative velocity and the relative distance of said target based on the frequency of the peak which makes the pair concerned.

[0014] According to this invention, in order to perform bearing detection by the phase monopulse system, the received wave in a location which the receive section of a multiple channel is prepared and is different is received. Since the distance of a target is large as compared with receiving location spacing, the differences in the amount of doppler shifts by receiving locations differing are few. Therefore, the location of the peak of the reflected wave which appears in the input-signal spectrum obtained by carrying out frequency analysis of the input signal, i.e., a frequency, does not almost have a difference among two or more channels. That is, even if the phases of an input signal differ between multiple channels to a certain target, it can be considered that the frequency of the peak corresponding to it is the same fundamentally. Bearing operation part asks for the group of a peak which has the frequency it can consider that is the same at each multiple channel fundamentally, and it is judged that each peak belonging to the group is what originates in the same target mutually. And based on a phase monopulse system, it asks for bearing of the target which produced the group of the peak concerned from the phase contrast during each echo corresponding to the peak belonging to the group. Now, when a target has relative velocity to this equipment, it gets down with an uphill phase period, and the locations of the peak over the same target differ in a phase period. for example, since two or more targets

exist, when it gets down with an uphill phase period and the peak of two or more echoes arises in a phase period, respectively, the pair of the peak whose bearing for which distance and rate operation part got down with the uphill phase period, came out of with the phase period, and it asked by bearing operation part corresponds is judged that a header and the peak which makes the pair are what originates in the same target mutually. And the relative velocity and the relative distance of a target which produced the pair of the peak concerned from each frequency of the peak which makes the pair based on the FMCW method are found. In this invention, since appoint bearing of a target based on a phase monopulse system first, the bearing goes up based on an equal thing, it gets down with a phase period and the pair of a peak with a phase period is determined, the group of a peak used for processing of a FMCW method can be selected correctly, and detection of reliable bearing, relative velocity, and a relative distance is made in the bottom of the situation that two or more targets exist.

[0015] In order to attain the above-mentioned purpose, the 2nd invention has the integrated processing section which acquires the tailing information which consists of bearing, relative velocity, and a relative distance from said bearing operation part, and said distance and rate operation part. Said transmitting section changes a directional beam in the mutually different direction, and transmits to it. Said integrated processing section When said tailing information over said each of different directional beam is in agreement by predetermined within the limits, it is characterized by performing predetermined average processing to two or more tailing information concerned, and determining the tailing information on the target of 1.

[0016] According to this invention, the transmitting section changes a beam direction and transmits a directional beam. Thereby, the space of a large object domain can be divided and searched. Phase mono-pulse operation part, and distance and rate operation part perform the respectively same processing as the 1st above-mentioned invention to the directional beam of each direction. Bearing, the relative velocity, and the relative distance of the target located within the limits of each beam by this are found. Here, suppose that these bearings, relative velocity, and a relative distance are put in block as tailing information, and are called. Since a directional beam has the part generally overlapped, the same target may be detected by two or more directional beams. it is rich and the integrated processing section looks for the thing which compares the tailing information searched for by each directional beam, among those is fundamentally in agreement

between directional beams and which can be made. And predetermined average processing is performed to the tailing information it can consider that is in agreement. As average processing, there are an arithmetic average and an average which carried out weighting of each tailing information based on the predetermined approach, for example. Moreover, when a weighting average is special, there is also a method of choosing [ \*\*\*\*\* ] what has the highest accuracy among two or more tailing information. Thereby, the precision of the tailing information on the target detected with two or more beams can be raised.

[0017] The suitable mode of this invention is the weighting average based on whenever [ with said bearing where said average processing was detected in said bearing operation part to the direction and the beam concerned of said directional beam / coincidence ]. Generally, the reinforcement of an echo has so high that it is as near as the direction of a directional beam bearing of a target, and the error of the tailing information based on it becomes low. Therefore, since according to this mode weighting according to echo intensity is performed and big weighting is made by the small value with error, the precision of tailing information improves good.

[0018]

[Embodiment of the Invention] The gestalt (henceforth an operation gestalt) of suitable operation of this invention is explained with reference to a drawing below the [gestalt 1 of operation].

[0019] Drawing 4 shows the configuration of the automobile radar installation of the operation gestalt of this invention. This automobile radar installation is carried in a car, and the information which it offers is used for the transit control which secures the safe distance between two cars with a precedence vehicle etc. This equipment transmits the transmission wave by which the FMCW modulation was carried out, and receives it by the channel of right and left of the reflected wave from a target. And according to the principle of a phase monopulse system, it asks for bearing of a target from the received wave of a channel on either side. Moreover, according to the principle of a FMCW method, it gets down with an uphill phase and the distance and the rate of a target are found from the received wave of a phase.

[0020] A voltage controlled oscillator (VCO) 10 functions as a frequency modulator. The triangular wave which an electrical potential difference fluctuates according to time amount is supplied to this VCO10 from the control section which is not illustrated. VCO10 generates the RF by which frequency modulation was carried out by this triangular wave. This RF is distributed by the distributor 12 and one of them is sent to the

transmitting antenna 14. Thus, the RF by which frequency modulation was carried out is emitted towards the exterior as an electric wave by the triangular wave.

[0021] The electric wave emitted from the transmitting antenna 14 is reflected with a target. All over drawing, two precedence cars are shown as targets 1 and 2. A reflective signal is received by the receiving antennas 16a and 16b of two right and left. Spatially, only the predetermined distance L leaves these two receiving antennas 16a and 16b, and they are arranged. And wave detectors 18a and 18b are connected to these receiving antennas 16a and 16b, respectively. The RF (sending signal) by which frequency modulation was carried out by the triangular wave is supplied to wave detectors 18a and 18b as a reference wave from the distributor 12. A received wave is detected based on a reference wave, the beat signal which has the frequency component of the difference of transmit frequencies and received frequency by this is acquired, and wave detectors 18a and 18b are supplied to a signal processor 20.

[0022] In a signal processor 20, the frequency-analysis sections 22a and 22b and the peak detecting elements 24a and 24b function as analyzer of this invention. The frequency-analysis sections 22a and 22b perform a frequency analysis to the beat signal acquired from the input signal of a left channel and a right channel, respectively, and obtain the frequency spectrum of a signal. Here, complex [ FFT ] (fast Fourier transform) is performed and the complex amplitude (electrical potential difference) of every suitable frequency spacing (frequency bin) is called for. In the processing in the subsequent signal processors 20, the number of bin is used as an index corresponding to a frequency. The peak detecting elements 24a and 24b detect a peak (the number of the frequency bin in which a peak appears, and complex amplitude value of the frequency bin) by the left of a phase mono-pulse, and each of a right channel based on a frequency-analysis result.

[0023] Drawing 5 (a) and (b) are the examples of the frequency-analysis result of a left channel and a right channel, respectively. In a left channel, the peaks UL1 and DL1 with the large amplitude are peaks of the going-up phase of a target 1, and a going-down phase, respectively. It gets down, the frequency of the peak of a phase goes up, and what is larger than a phase shows the late (it is approaching) thing more relatively [ a target 1 ] than a self-vehicle. Moreover, the peaks UL2 and DL2 with the small amplitude are peaks of the going-up phase of a target 2, and a going-down phase, respectively. It gets down, the frequency of the peak of a phase goes up, and what is smaller than a

phase shows the quick (it is keeping away) thing more relatively [ a target 2 ] than a self-vehicle. Similarly, by the right channel, peaks UR1 and DR1 are peaks of the going-up phase of a target 1, and a going-down phase, respectively. Moreover, peaks UR2 and DR2 are peaks of the going-up phase of a target 2, and a going-down phase, respectively.

[0024] However, with this operation gestalt, in operating environments, such as a road where this equipment is used, two or more targets (precedence vehicle) exist, and bodies, such as trees other than a target and a guard rail, exist further. The reflected wave of various bodies is compounded and received by the radar. Therefore, many peaks other than the peak shown in drawing 5 exist further in fact. As it is the following, the peak of the right-and-left channel of the same target is chosen from the peak of such a large number.

[0025] Since the difference in the location of return and receiving antennas 16a and 16b is small to drawing 4 compared with the distance to a target, bearing which faces a target from each receiving antenna is almost the same to it, and the relative velocity to each receiving antenna of a target of it is almost the same as that of it. Therefore, even if channels differ, the frequency of the peak corresponding to the same target is very near in whether it is the same. So, in the bearing operation part 26, a peak with the near frequency bin is chosen from the left and a right channel, and let two selected peaks be peak pairs. Here, the peak pair below a predetermined threshold delta frequency is chosen for the difference of the frequency bin between the left and a right channel. Here, if [ Peaks A and B ] it expresses making a pair as <A, B>, to the example shown in drawing 5, in an uphill phase period, a peak pair <UL1, UR1>, and <UL2, UR2> are detected, and it will get down and <DL1, DR1>, and <DL2, DR2> will be detected to a phase period.

[0026] The bearing operation part 26 asks for phase contrast  $\Delta\phi$  between each peak which constitutes each peak pair based on the topology acquired in complex FFT processing in the frequency-analysis sections 22a and 22b, and asks for the bearing  $\theta$  of the target corresponding to the peak pair concerned. That is, as explained using drawing 1,  $\lambda$ , then Azimuth  $\theta$  are asked [ the phase contrast of the received wave in two receiving antennas 16a and 16b ] for the wavelength of  $\lambda$  and an electric wave for the distance of  $\Delta\phi$  and two receiving antennas by the degree type.

[0027]

[Equation 6]  $\theta = \sin^{-1} \{ \Delta\phi (\lambda / L) \}$

The pairing section 28 gets down with an uphill phase period, and performs pairing of a peak with a phase period. That is, the pairing

section 28 determines the pair of a peak which uses for matching, and distance and a rate operation the peak acquired in an uphill phase period, and the peak which gets down and is acquired in a phase period. [0028] Here, it asks for the pair of that Azimuth theta can consider that is the same mutually in the peak pair of the left and a right channel which the pairing section 28 gets down with the peak pair of the left and a right channel obtained about an uphill phase period, and is obtained about a phase period. For example, the peak (pair) to which it gets down and which it goes up, and the difference of bearing in a phase period becomes below a predetermined threshold is chosen. To the example shown in drawing 5 by this processing, the peak pair <UL2, UR2> produced with a target 2, and <DL2, DR2> (or UL2, DL2, or peaks UR2 and DR2) are chosen. [ the peak pair <UL1, UR1> produced with a target 1, <DL1, DR1> (or UL1, DL1, or peaks UR1 and DR1) and ]

[0029] In addition, in this processing, it is also possible to take the amplitude of a peak into consideration. That is, the reinforcement of the echo from the same target is good also as getting down with an uphill phase period, imposing the conditions that the difference of the amplitude is also below a predetermined threshold, with the conditions that the difference of Azimuth theta is below a predetermined threshold, [ not differing greatly in a phase period ], and asking for the pair of a peak here. According to such a configuration, many targets exist, even if it is the case where the peak from two or more targets is included in narrow azimuth within the limits, by the difference among those amplitude, it discriminates from a target and goes up correctly, and it can get down and the peak of each phase period can be combined.

[0030] Distance and the rate operation part 30 ask for the relative distance of a target, and relative velocity based on the pair of the peak determined in the pairing section 28. That is, as explained using drawing 2 and drawing 3, the beat signal consists of a component based on delay of the received wave according to the distance of a target, and a component based on the doppler shift according to the rate of a target. The frequencies  $f_{bu}$  and  $f_{bd}$  of an uphill phase period and beat [ in / it gets down and / a phase period ] signal are [Equation 7] when the Doppler frequency which expresses  $f_r$  and relative velocity for the beat frequency showing a relative distance is set to  $f_d$ . It is  $f_{bu} = f_r + f_d$  and  $f_{bd} = f_r - f_d$ . Therefore, from frequencies  $f_{bu}$  and  $f_{bd}$ , beat frequency  $f_r$  and the Doppler frequency  $f_d$  are called for, and a relative distance and relative velocity are called for. With this operation gestalt, distance and a rate are found based on going up of the pair determined in the pairing section 28, and the bin number of the peak to



which it gets down and a phase corresponds. This bin number is equivalent to the frequency which that peak has. Moreover, distance and a rate can be found independently based on each received wave of a right-and-left channel, and the high detection result of precision is obtained more using both the detection value.

[0031] In the above, the radar installation of this operation gestalt was explained. As mentioned above, with this operation gestalt, it asks for bearing of the target existing [ two or more ] previously, it is gone up with reference to the bearing, it gets down with a phase period, and pairing of a peak with a phase period is performed. Therefore, pairing of the peak which goes up, gets down and exist in a phase period, respectively can be carried out correctly, and detection of reliable bearing, relative velocity, and a relative distance is attained.

[0032] In addition, the threshold of the judgment by which it is considered that the threshold and bearing of a delta frequency of this operation gestalt are coincidence is beforehand decided to be a suitable value, respectively. It is suitable for the threshold of a delta frequency to set up based on the magnitude of dispersion in the frequency of the peak acquired from the reflected wave of the same target. Similarly, the threshold of a bearing judging can be defined supposing the magnitude of the azimuth which gets down with an uphill phase period and may change by the relative motion of a target and equipment between phase periods. Moreover, for example, both thresholds can be set as the standard magnitude of dispersion, or can be set as the maximum of dispersion. Each threshold may be set up based on an experimental result or experience.

[0033] The [gestalt 2 of operation], next the 2nd operation gestalt of this invention are explained. Drawing 6 shows the configuration of the automobile radar installation of the operation gestalt of this invention. The sign same about the same thing as the component of the operation gestalt 1 shown in drawing 4 among the components of this operation gestalt is attached, and the explanation is omitted suitably. As for the operation gestalt 2, the transmitting section differs from the operation gestalt 1 first. That is, it has 44-n and this equipment has two or more transmitting antennas 44-1, 44-2, --, the switcher 46 that changes supply of the transmission wave to these transmitting antenna 44 from VC010 by time sharing. Moreover, the signal processor 50 has the integrated processing section 48 which summarizes the result of an operation to two or more directional beams of each transmitted from the transmitting antenna 44 of these plurality at the end in the degree of distance and the rate operation part 30.

[0034] Sequential supply of the transmission wave from VC010 is carried out by time sharing through a switcher 46 at each of the transmitting antenna 44. Each transmitting antenna 44 can be constituted so that the sense of those transmitting beams may differ, it can divide a detection field by this, and can send and receive an electric wave for every field. In addition, division of the same detection field is realizable with the configuration which arranges two or more receiving antennas 16 with different directivity, and changes them, and the configuration changed by both transmission and reception.

[0035] Processing of the input signal to each detection field changed by time sharing is the same as that of the above-mentioned operation gestalt, and the acquired beat signal is passed to a signal processor 50. The frequency-analysis processing in a signal processor 50 to the processing by distance and the rate operation part 30 is the same as that of the operation gestalt 1. Therefore, the tailing information on the target in the field (bearing, distance, and rate) is detected for every detection field.

[0036] The tailing information on the target obtained by the change in each detection field in this way is inputted into the integrated processing section 48. The detection field of each directional beam is constituted so that adjoining things may overlap. Therefore, the same target may be detected in two or more detection fields. The integrated processing section 48 compares the tailing information on a target between adjoining detection fields, and searches for the tailing information which is mutually in agreement in a predetermined precision. When a match is found, it is judged that these tailing information is a thing corresponding to the same target.

[0037] The difference between the contiguity detection fields of each value of bearing which constitutes for example, tailing information, distance, and a rate can make a judgment of this coincidence based on being below predetermined tolerance, respectively. Moreover, the decision criterion that the sum of squares of each difference of bearing, distance, and a rate becomes below a predetermined threshold can also be used.

[0038] Two or more tailing information judged to correspond to the same target is unified by one tailing information by predetermined average processing. As this predetermined average processing, there is an arithmetic average which averages the tailing information detected with each beam by equal weight simply, for example. Moreover, there is an average (weighting average) which performed weighting based on the probability of each tailing information detected with each beam etc. as

other approaches. Here, the weighting average which made the weighting factor extent of coincidence with the shaft orientation of a directional beam and bearing detected in bearing operation part is performed. It is because echo intensity becomes large and an error becomes small, so that this generally has bearing close to the shaft of a beam. In addition, it is also possible to use the reinforcement of the beam in bearing which considered as the weighting factor since it was the same, for example, was detected. Moreover, the integrated processing section 48 may choose what has the highest accuracy or precision among the tailing information detected with each beam. This is the special case of a weighting average, and when the weighting factor of high tailing information of accuracy or precision is most set to 1 and the weighting factor of other tailing information is set to 0, it corresponds.

[0039] According to this equipment, even if it is the case where two or more targets with which distance and a rate were alike exist, the target of these plurality can be separated and detected with a different beam by dividing the field which sends and receives an electric wave.

Moreover, when the same target is detected with two or more beams, accurate tailing information can be acquired by averaging and unifying two or more acquired tailing information in a certain form.

[0040] The [gestalt 3 of operation], next the 3rd operation gestalt of this invention are explained. Drawing 7 shows the configuration of the automobile radar installation of the operation gestalt of this invention. The sign same about the same thing as the component of the operation gestalt 1 shown in drawing 4 and drawing 6 among the components of this operation gestalt and the operation gestalt 2 is attached, and the explanation is omitted suitably. The point that the operation gestalt 3 differs from the operation gestalt 1 constitutionally is a point that a signal processor 70 has the tailing filtering section 72. The tailing filtering section 72 is formed between distance and the rate operation part 30, and the integrated processing section 48.

[0041] This equipment also has two or more transmitting antennas 44, measures each detection field by time sharing, and searches for the tailing information on the target which exists in each field. [ as well as the operation gestalt 2 ] That is, this equipment and the equipment of the operation gestalt 2 are actuation to distance and the rate operation part 30, and processing is the same.

[0042] With this equipment, the tailing filtering section 72 performs tailing filtering to the tailing information on each field obtained by distance and the rate operation part 30. Tailing filtering which the tailing filtering section 72 performs is prediction filtering called the

Kalman-filter processing and alpha-beta filtering which are performed to bearing, the distance, and the rate which were obtained by distance and the rate operation part 30. By this prediction filtering, bearing, a true distance, and the true rate of a target are presumed based on the tailing information on past. It becomes possible to avoid the effect by the incorrect detection condition produced by this when bodies, such as guard rails other than two or more targets and targets (for example, a tree), exist, and the condition of not detecting which is not desirable. [0043] The integrated processing section 48 judges that the estimate of these tailing information corresponds to the same target, when the estimate of the tailing information on the target obtained in two or more division fields is in agreement with below a predetermined difference. Moreover, it is also possible to judge that the integrated processing section 48 asks for the locus from the past of the estimate of for example, tailing information to the present for every division field of a beam, and its target corresponding to these loci is the same when distance of a locus is below a predetermined value among these fields.

[0044] The integrated processing section 48 judges the identitas of a target based on the locus of estimate or estimate in this way, averages each estimate of the tailing information acquired about two or more fields about the same target by the same approach as the operation gestalt 2, and unifies it to one tailing information.

[0045] Thus, with this equipment, it can discriminate from two or more targets with which distance and a rate become almost the same in a certain time of day or period based on the time series of tailing information to the tailing information acquired by the FMCW method and the phase monopulse system performing prediction filtering and by performing processing which unifies each tailing information further acquired by the beam change in two or more fields. Moreover, detection of a highly accurate distance, a rate, and bearing can be performed to the bottom of an actual operating environment in which bodies, such as guard rails other than two or more targets or a target (for example, a tree), exist.

[0046] In addition, although the tailing filtering section 72 was formed before the integrated processing section 48 with this equipment, the configuration which forms the tailing filtering section.72 behind the integrated processing section 48 is also possible.

[0047] Incidentally, the tailing filtering section 72 can be adopted regardless of division of the detection field by the beam, for example, can be used also in the equipment of the operation gestalt 1.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the principle of a phase mono-pulse radar.

[Drawing 2] It is drawing showing the principle of a FMCW radar.

[Drawing 3] It is drawing showing the principle of a FMCW radar.

[Drawing 4] It is drawing showing the configuration of the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 5] It is drawing showing the frequency-analysis result of the input signal of the left channel of the equipment of drawing 4 , and a right channel.

[Drawing 6] It is drawing showing the configuration of the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] It is drawing showing the configuration of the 3rd operation gestalt of this invention.

[Description of Notations]

10 A voltage controlled oscillator (VCO), 14, 44-1, 44-2, the 44-n pairing section, 30 distance and rate operation part, the 48 integrated processing section, 72 tailing filtering section. A transmitting antenna, 16a, 16b Receiving antenna, 18a, 18b A wave detector, 20, 50, 70 A signal processor, 22a, 22b The frequency-analysis section, 24a, 24b A peak detecting element, 26 Bearing operation part, 28

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

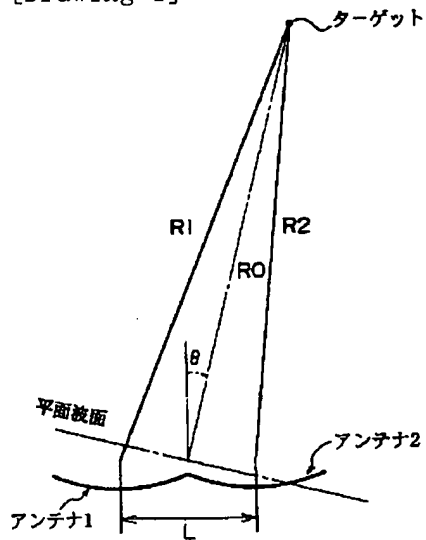
3. In the drawings, any words are not translated.

---

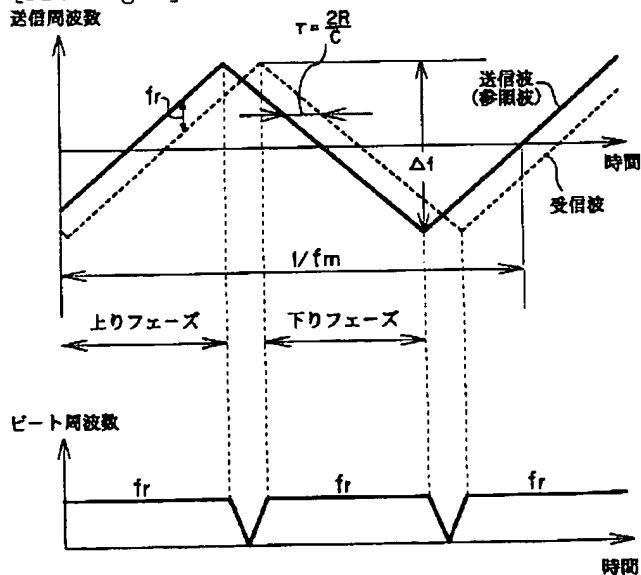
## DRAWINGS

---

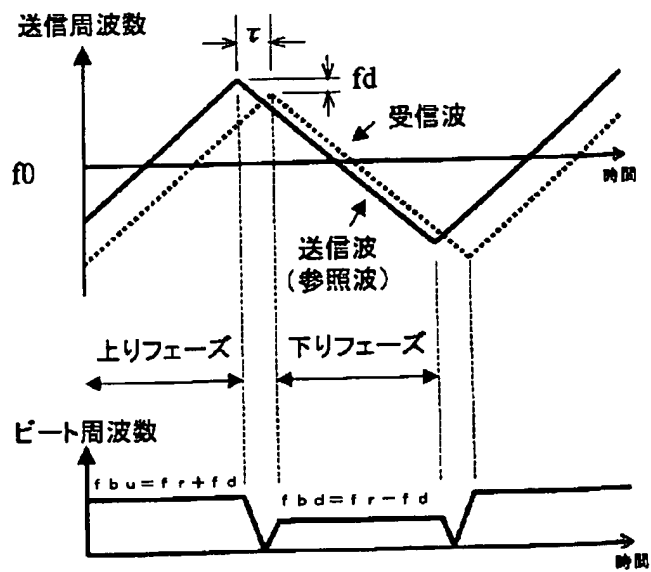
[Drawing 1]



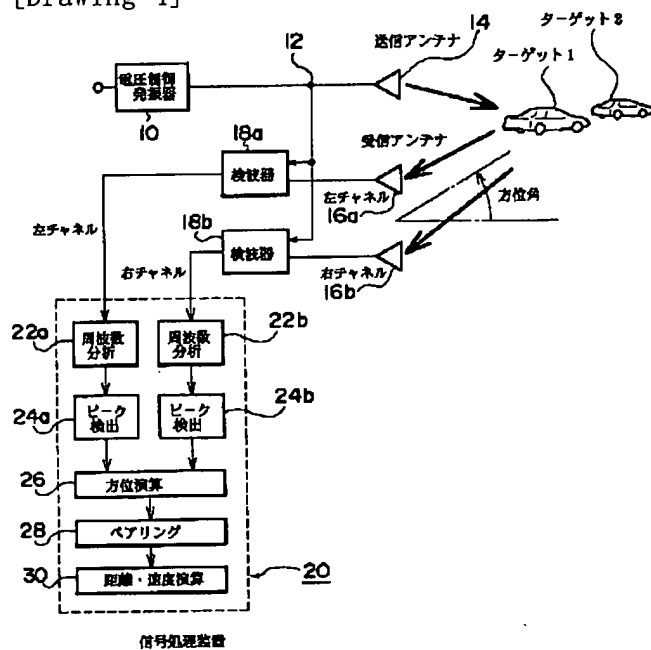
[Drawing 2]



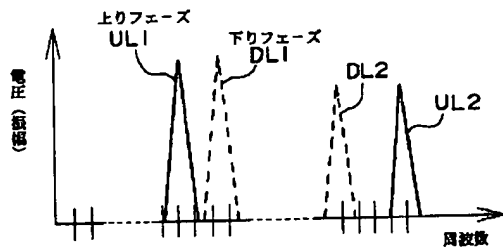
[Drawing 3]



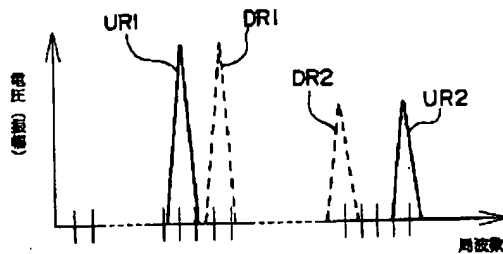
[Drawing 4]



[Drawing 5]

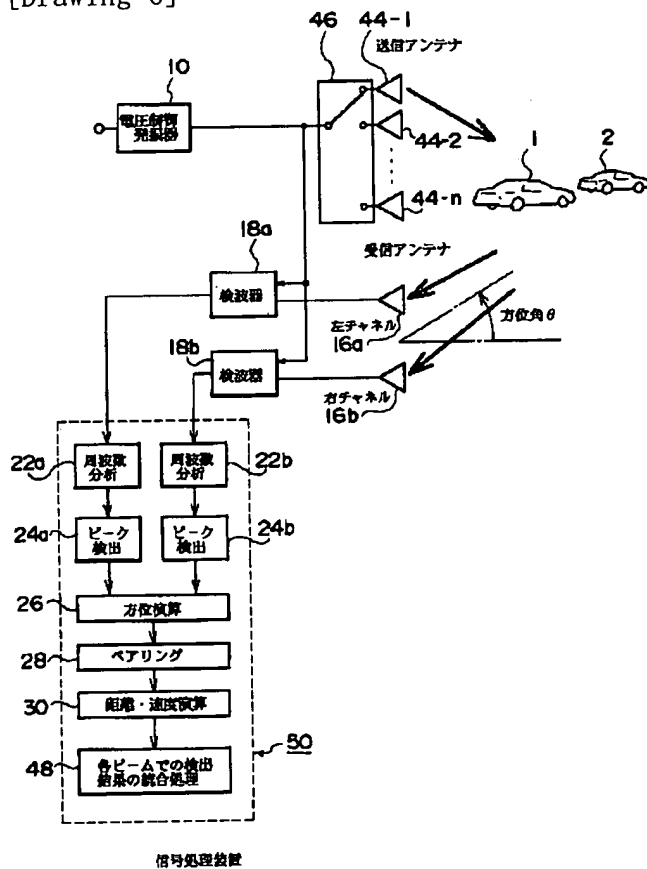


(a) 左チャンネル



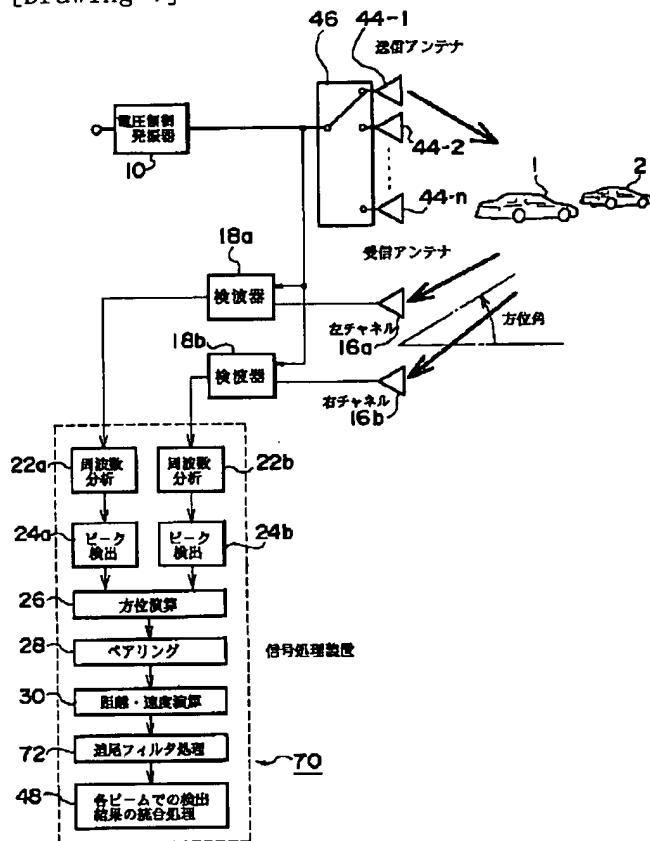
(b) 右チャンネル

[Drawing 6]





[Drawing 7]



[Translation done.]